應對勞力短缺時代，智慧農業技術如何有效防治稻熱病？

農試所作物組 賴明信 黃玉舜　植病組 陳繹年

一、前言

稻米是世界上三大糧食之一，也是國人以及亞洲地區人民的主要糧食。在稻米的生產過程中，需要面對氣候變遷衝擊與病蟲害挑戰。在病害方面，稻熱病是最主要發生的病害之一，嚴重發生時至少損失10%以上的產量，在臺灣第一期作水稻，發生稻熱病的面積幾乎占總栽種面積的10%以上。因此，如何即早發現並及時防治，降低病害發生風險是水稻產業發展的重要課題。

二、什麼是稻熱病

稻熱病是由 *Pyricularia oryzae* 所引起的真菌性病害，可能發生在水稻的各個生育時期或是各部位，以本田期的葉稻熱病為例，其病斑為圓形或紡錘型，順著葉脈方向發展（圖一左）。當病斑呈現灰色時屬於活性很強的狀態，在使用農藥防治控制後，病斑不再擴大，灰色病斑則轉為白色。

稻熱病的發生須滿足三要素：病原、宿主、環境，缺一要素則不會發生病害，這三要素稱為病害三角（圖一右）。以臺灣第一期作發生稻熱病而言，通常好發的時間點在清明節前後，其病害三角分別是病原 *Pyricularia oryzae* 感染宿主水稻，且清明節前後通常雨水較充足，田間環境偏溫暖潮濕適合稻熱病的發展。當這三個條件達成時，在 7 至 10 天後可在葉片上發現稻熱病病斑。

田間判斷有沒有葉稻熱病，傳統方式是以人力進入田區調查植株健康狀況，此方法需依賴長年的栽培經驗來判斷葉片的病斑。對於青農或是剛加入水稻生產的農民們，由於缺乏經驗，在病徵判斷上略顯不足。且由於是透過人為調查，在農業嚴重缺工，能調查的面積有限，不適合在大面積栽培的情況下進行調查。

既然人力沒辦法解決，那有沒有其他方式可以達成相同的目的，並可以更有效率地完成呢？傳統是以人眼辨別，那有沒有機會使用設備代替眼睛來看植株生長狀況呢？答案是有的！透過科技的力量，使用無人機搭載多光譜鏡頭在田間上空進行拍照，用無人機代替人行

作　　者：賴明信研究員
連絡電話：04-23317103

DOI：10.30248/TSQBTARI.202509_(143).0001

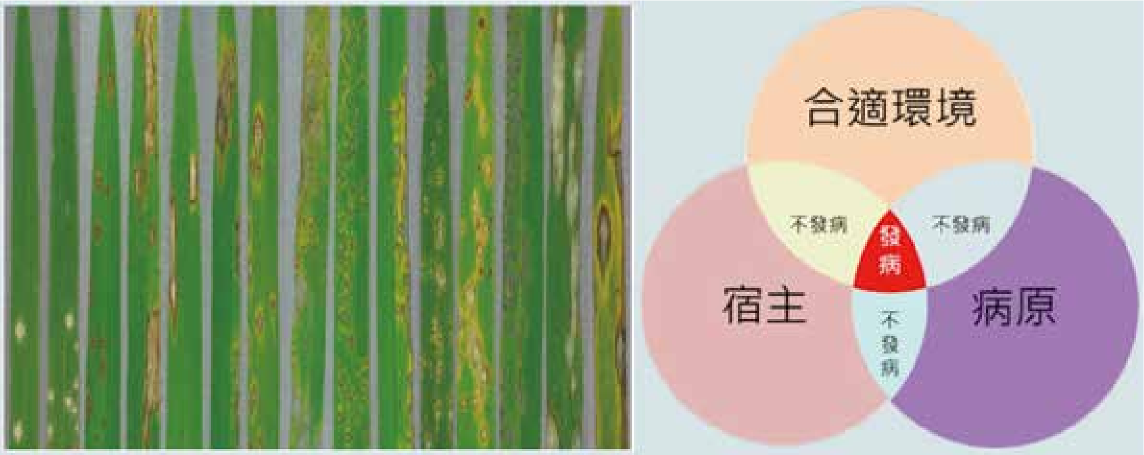
走，用鏡頭代替眼睛觀察田區，可以收集到眼睛看不見的波段資訊，本文介紹葉稻熱病警示技術判別植株狀態，以及稻熱病預警地圖監測環境條件，將兩者結合後，能如同人腦般判斷稻熱病發生的風險。

三、利用智農技術輕鬆防治稻熱病

每一種物質都有其特殊的反射光譜，好比綠色植物的葉子為什麼是綠色的？是因為葉子反射了大部分的綠光讓眼睛接收到。除了知道物體的顏色外，健康植株、不健康植株與土壤對於不同波長的光，也就是對於不同顏色的光的反射率不同，使得每種物質的反射光譜是不一樣的，透過這種特性區別物體的種類。那為什麼一樣是植物，健康與不健康的反射光譜會不一樣呢？這是因為不同的狀態下，植株對於光的反射率會有所不同。健康植株的葉片反射紅外光與綠光的反射率較大；當植物受到逆境後，葉片對於紅外光的反射率會下降；當葉片死亡後紅外光與綠光的反射率也會再度下降（圖二）。

因此，透過這項光學特性來尋找健康植株與發病植株兩者在光譜上的差異。科學家們也基於這個原理發展出植生指數用以辨別影像上的物體屬於什麼類型、監測植株生長情形、預估產量等。農試所利用無人機搭載多光譜鏡頭，其中包含紅光、綠光、藍光、紅光邊緣、近紅外光等五個波段，在不同時間點蒐集光譜資訊後，對影像資料進行拼接處理與光譜分析並計算各項植生指數，透過光譜資料計算植生指數，配合地面資料的調查結果，在植生指數**VI-1**中找到了兩者之間的差異。

圖三為計算植生指數**VI-1**的結果，配合地面實際調查發病狀況，確認在插秧後第**42**天在田區發現葉稻熱病病斑。發病的植株經**VI-1**計算後與健康植株的**VI-1**值相比有較高的數值，顯示兩者間健康植株的光譜與發病植株確實在光譜上存在差異，且這個差異可從發病前**7**天

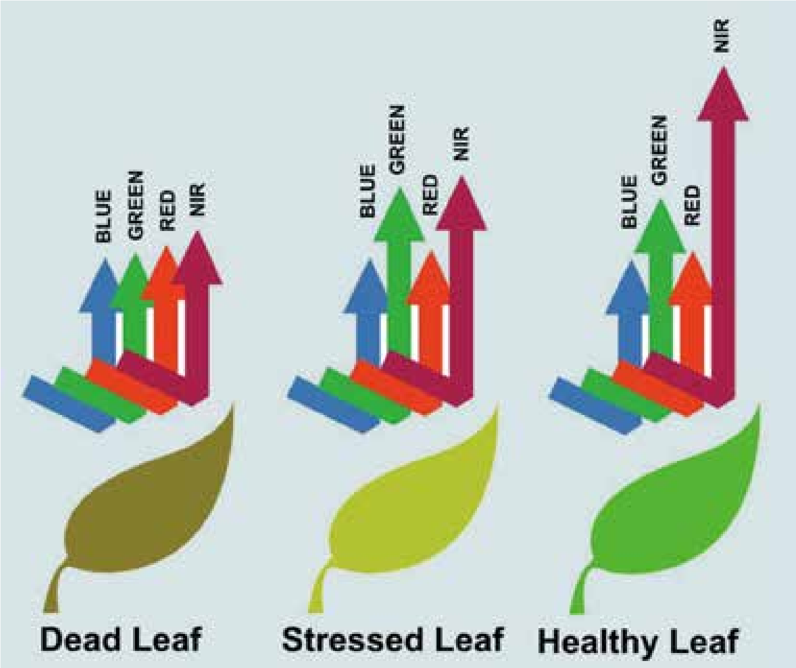


圖一、葉稻熱病病斑（左）與病害三角關係圖（右）。

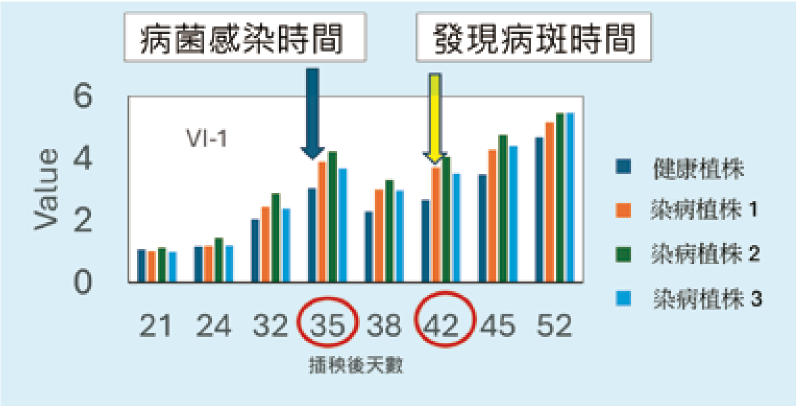
DOI：10.30248/TSQBTARI.202509_(143).0001

被觀察到，此時田區內尚未發現稻熱病病斑，也顯示透過光譜可以比肉眼在更早的時間發現健康植株與有問題的植株間的差異，因此可以利用此差異進而用光譜建構模式預測哪些水稻植株可能會發病。將這些模式認為可能會發病的植株標上顏色，模式認為不會發病的植株標為透明，並套疊到田區的正射影像的灰階底圖上，即可將模式預測結果視覺化。

利用這個模式計算並將結果視覺化的結果如圖四所示，白色的部分為水稻，黑色的部分為水或土壤，而部分水稻有被套上紅色色塊，被套紅色的植株即是模式認為可能會發病的植株位置，沒被套色的則為模式認為是健康的植株。



圖二、健康葉片與不正常狀況葉片在光譜上的差異。(Source: Mahajan, U. 2016)



圖三、健康植株與發病植株之間的光譜差異。

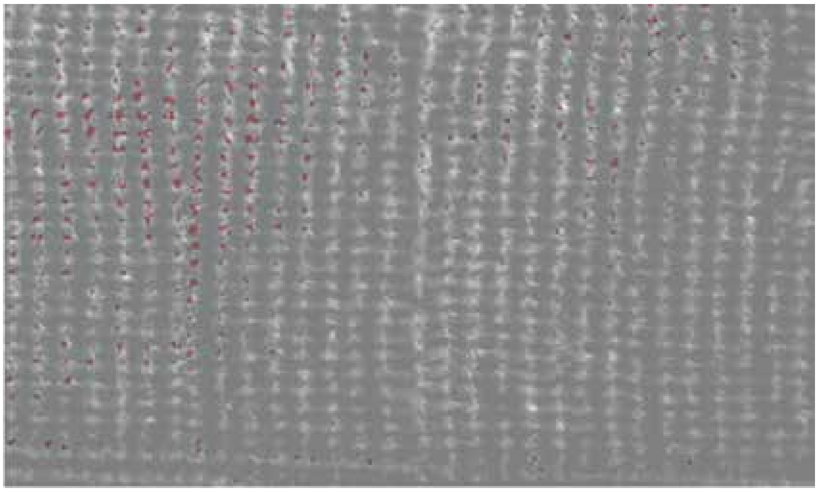
目前透過光學與智農技術可掌握病害三角中的宿主，如果想再提高對稻熱病的發生掌握度，還可以結合臺灣水稻疫情整合資訊網內稻熱病預警地圖中的模式對天氣條件進行評估，給出因天氣狀況而決定的天氣因子風險程度，並將風險程度依照風險程度以不同顏色套疊到地圖上顯示視覺化結果。

圖五為稻熱病預警地圖，根據中央氣象署提供的天氣預報資料套用到預測模型上計算環境條件，可在地圖上直接顯示各地發生稻熱病的天氣

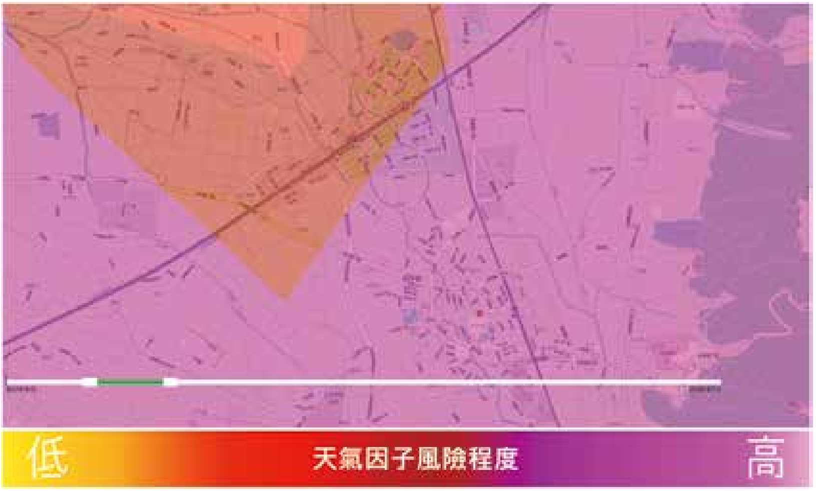
因子風險程度。有了光譜模式以及天氣因子風險模式，當兩者產生交集時，就可以找到葉稻熱病可能發生的時機點以及區域，此時為最佳防治時機點，距離第一波葉稻熱病病斑產生的時間有7天的時間可以提早應對，本技術也提供植保手冊中對於水稻稻熱病的防治藥劑與稀釋倍數做為防治操作上的建議。由於是在稻熱病族群尚未建立之時即用藥防治，因此可以大大降低稻熱病族群的壯大，進而達到預防稻熱病爆發的效果。

四、實際應用案例

2024年一期作在彰化縣田中鎮稻米契作示範區域50公頃導入稻作智慧農業技術，對照區域為300公頃，在葉稻熱病防治方面，示範區域與對照區域每次的防治藥劑、稀釋倍數與噴施方法皆相同，使用嘉賜黴素與三賽唑做為防治藥劑，透過植保機進行噴灑操作。示範區域以智農技術發出預警資訊時做為防治時機點，對照區域則是依照農民自行判斷防治機。示範區域於3月開始進行監測，並記錄示範區域與對照區的農藥使用次數與產量用來比較葉稻熱病防治效果。結果對照區域共計進行4次防治作業，示範區域共計進行2次防治作業，每次每公頃防治葉稻熱病成本為4,000元，示範區域因減少2次作業，因此每公頃在防治成本上減少了8,000元的支出。在產量方面，每



圖四、經由光譜建構的預測模式將葉稻熱病判別結果視覺化。



圖五、稻熱病預警地圖。(來源：臺灣水稻疫情整合資訊網-稻熱病預警地圖https://mycolab.pp.nchu.edu.tw/blast_forecast/map.php)

DOI：10.30248/TSQBTARI.202509_(143).0001

公頃收穫量比對照區域多出258公斤。顯示導入葉稻熱病警示技術後，即使防治次數少，但只要防治時間得宜，葉稻熱病也可以得到很好的防治效果，減少病害對產量的衝擊，降低農民的成本外，也因為減少農藥的施用，對環境更友善，提升糧食安全。

五、未來展望

透過無人機搭載多光譜相機並結合智慧農業的技術提升判斷田區葉稻熱病發生風險的效率，比使用人力資源判識快又精準。但受限無人機電池續航力、多光譜相機的性能、電腦運算速度、種植品種與插秧期不同且地塊分散等等因素影響，一天以一台無人機能完整分析的區域其實有限。未來當電池續航力增加、多光譜鏡頭性能增強，甚至是將鏡頭附掛到衛星上進行拍攝，實現大範圍的資料收集再加以分析。目前本技術搭配現有的多光譜鏡頭搭配無人機的條件下，單一張多光譜照片的涵蓋面積約為2.5平方公尺，而單一張衛星衛星照片可涵蓋1平方公里，若未來使用衛星資料分析，預期資料收集效率可提升40萬倍。另在集團產區操作，調整地塊種植的品種與時間，將相同插秧時間的水稻種植在同一個範圍內，並按照插秧品種進行區隔，實現栽種集中化，可增進影像收集以及防治與施肥效率。另外，現階段只發現葉稻熱病在光譜上的差異，若其他病害在未來也可以被發現在光譜上的特徵的話，也可以一同進行分析，及收集一次資料可應用在多種病害上，這也對資料的適用性有所增加。

六、參考文獻

蔡武雄。2007。植物保護圖鑑系列8-水稻保護。p. 265-272。行政院農委會動植防疫檢疫局。臺北。

臺灣水稻疫情整合資訊網-稻熱病預警地圖https://mycolab.pp.nchu.edu.tw/blast_forecast/map.php

Chang, J., D.E. Clay, S.A. Caly, C.L. Reese. 2013. Using field scouting or remote sensing technique to assess soybean yield limiting factors. In D.E. Clay et al., eds. iGrow soybean: Best management practices for soybean production. South Dakota. University of South Dakota state.

Moore, D., G.D. Robson, and A.P.J. Trinci. Second edition. 2021. 21st century guidebook to fungi. p. 374-376. 14.9 plant disease basics: the disease triangle. United Kingdom. University of Cambridge.

Mahajan, U. 2016. Drones for normalized difference vegetation index (NDVI), to estimate crop health for precision agriculture: A cheaper alternative for spatial satellite sensor. International conference on innovative research in agriculture, food science, forestry, horticulture, aquaculture, animal science, biodiversity, ecological sciences and climate change (AFHABEC-2016). New Delhi.

DOI：10.30248/TSQBTARI.202509_(143).0001